

明 細 書

クリッピング回路及びそれを用いた無線送信装置

技術分野

- [0001] 本発明はクリッピング回路及びそれを用いた無線送信装置に関し、特に無線送信装置における電力増幅器へ供給される直交ベースバンド信号の振幅制限をなすクリッピング方式に関するものである。

背景技術

- [0002] 無線通信システムにおいて、無線送信装置側では、送信信号の全ての振幅値に亘って良好な線形性を有する電力増幅器を使用することが理想的である。しかしながら、送信可能な全ての振幅値に亘って良好な線形性を有する電力増幅器は、回路規模、価格、電力等の面から困難である。そのために、ある一定振幅までは線形性を有しているが、それ以上の振幅に対しては非線形特性を有する一般的な電力増幅器が用いられることが多い。
- [0003] CDMA (Code Division Multiple Access) 方式やOFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 方式のような複数の送信チャネルの多重化処理を行った送信信号を、電力増幅器により増幅する場合、1つのRF (高周波) 出力信号に多重するチャネル数が増加するに従って、増幅すべき信号の振幅値の幅が広がってしまうことになる。この様な信号を、上述した理想的ではない電力増幅器を用いて増幅した場合、電力増幅器の線形性を有する領域を超えた振幅値の信号が入力されると、RF出力信号に歪が生ずることになる。RF出力信号に歪が生ずると、隣接する通信チャネルの妨害波となり、かつ変調精度が劣化してしまい、その結果伝送路のBER (Bit Error Rate) が劣化する。
- [0004] この様なRF出力信号の歪の発生を抑制するために種々の方式が提案されている。そのなかの一つに、送信データのベースバンド信号処理部でのI, Q信号のクリッピング (クリップともいう) 処理がある。このクリッピング処理にもいくつかの方式があり、その代表的なものとして、方形クリッピン

グ（特許文献 1 参照）や円形クリッピングがある。

特許文献 1：特開昭 63-198174 号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0005] 方形クリッピングは小さな回路規模で実現できるという利点があるが、クリッピング処理後のデータに位相誤差が発生してしまうという欠点がある。方形クリッピングは、ベースバンド信号の I 成分に対しては I 軸方向に独立にクリッピングを行い、Q 成分に対しては Q 軸方向に独立にクリッピングを行う方式であることから、例えば、図 10（a）に示す如く、ベースバンド信号の I 成分がクリップレベル（点線）を超えており、Q 成分はクリップレベルを超えていない場合には、I 成分のみがクリップされることになるために、クリッピング後のベクトル成分は元のベクトル成分に対して位相誤差 θ を有することになる。位相誤差が生じると、変調波の EVM（Error Vector Magnitude）が劣化してしまう。
- [0006] 一方、円形クリッピングは、I 成分及び Q 成分の両方を位相に沿ってクリップする方式であることから、方形クリッピングで発生する位相誤差に生じない（図 10（b）参照）。しかしながら、円形クリッピングは、演算処理もしくは ROM テーブルのデータ読出し処理により行われるために、I、Q 成分のビット数の増加に伴って回路規模が増大してしまうという欠点がある。また、想定される入力ダイナミックレンジによって回路規模が大きく左右されるなどの欠点もある。
- [0007] 本発明の目的は、比較的小さな回路規模で位相誤差の発生を抑止して EVM を劣化させることのないクリッピング回路を提供することである。

課題を解決するための手段

- [0008] 本発明によれば、無線送信装置における電力増幅器へ供給される直交ベースバンド信号の振幅制限をなすクリッピング回路であって、方形クリップ手段と位相回転手段との直列構成を複数段従属接続して、多角形クリッピング手段を構成したことを特徴とするクリッピング回路が得られる。

[0009] 更に、方形クリップ手段及び前記位相回転手段による信号振幅の変化を補償調整するための振幅調整手段を含むことを特徴とする。また、前記方形クリップ手段と前記位相回転手段との直列構成が n 段（ n は2以上の整数）従属接続されており、初段の方形クリップ手段のクリップレベルは予め定められた所定クリップレベルに設定されており、2段目以降の方形クリップ手段のクリップレベルは、前段の位相回転手段の位相回転量に応じた振幅変化量に対応した補正量を、前記所定クリップレベルに対して乗算した値に設定されていることを特徴とする。

[0010] 更に、前記直交ベースバンド信号の振幅値が予め定められた所定クリップレベルより大なる場合に、前記直交ベースバンド信号が前記多角形クリッピング手段による処理を受けるよう制御する制御手段を含むことを特徴とする。そして、前記制御手段は、前記直交ベースバンド信号の振幅値が前記所定クリップレベル以下の場合には、前記直交ベースバンド信号に対して、前記多角形クリッピング手段の処理時間に相当する時間だけ調整して出力するようにしたことを特徴とする。そして、本発明による無線通信装置は、上記のクリッピング回路を含むことを特徴とする。

[0011] 本発明の作用を述べる。構成の簡単な方形クリップ回路と位相回転回路との直列回路を複数段従属接続することにより、多角形クリッピングを実現して、原理的に位相誤差のない円形クリッピングに近ずけるよう構成する。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、多角形クリッピングを簡単な構成で実現することにより、円形クリッピングとほぼ同等の特性、すなわち位相誤差を極力抑制して変調波のEVMの劣化を防止できるという効果がある。

発明を実施するための最良の形態

[0013] 以下に図面を用いて本発明の実施の形態について詳細に説明する。図1は本発明の実施の形態を示す機能ブロック図である。図1において、ベースバンド信号処理を行った後の直交成分であるI成分（RI）、Q成分（RQ）は、タイミング調整器6、16角形クリップ回路1、絶対値化回路2へそれ

ぞれ入力される。

[0014] 絶対値化回路2において、I成分及びQ成分はそれぞれ絶対値化処理され、加算器3へ入力されて加算処理される。そして、無線通信システムとして予め定められているクリッピングを行う必要がある信号レベル（クリップレベル＝ R_L ）と、加算器3の出力である絶対値化したベースバンド信号の振幅値とが、比較器4により比較される。この比較の結果、ベースバンド信号の振幅値がクリップレベル R_L 以上の場合には、アンドゲート8を介してセクタ7を制御し、16角形クリップ回路1を経たクリッピング処理後の信号を導出する。一方、ベースバンド信号の振幅値がクリップレベル R_L より小の場合には、アンドゲート8を介してセクタ7を制御し、タイミング調整器6を経たタイミング調整後の信号を導出する。

[0015] なお、タイミング調整器6は、16角形クリップ回路1を経たクリッピング処理後の信号と、16角形クリップ回路1を経ない信号との出力タイミングを調整するものである。このタイミングの調整器6は、16角形クリップ回路1のクリッピング処理に必要な時間分に相当する段数のバッファにより構成されている。アンドゲート8はクリッピング処理のオンオフを、外部指令により制御するためのものである。また、図中の信号線上の数字は並列ビット数を示しており、単に一例を示すに止まるものである。

[0016] 図2は図1における16角形クリップ回路1の機能ブロック図である。16角形クリップ回路1は、入力段から順に、方形クリップ回路11、 $+\pi/4$ 位相回転部12、方形クリップ回路13、 $-\pi/8$ 位相回転部14、方形クリップ回路15、 $-\pi/4$ 位相回転部16、方形クリップ回路17、 $+\pi/8$ 位相回転部18、振幅調整部（振幅スケーリング部）19からなっている。

[0017] 方形クリップ回路11、13、15、17は全て同一回路構成であり、周知の構成（例えば、特許文献1などの回路）が用いられ、クリップレベルを入力することにより、入力信号I、Q成分（ I_{ch} 、 Q_{ch} として示す）を、互いに独立して、すなわち、I信号はI軸方向に、Q信号はQ軸方向に個

別にクリップする機能を有している。位相回転部 12 は入力信号の位相を $+\pi/4$ だけ回転させ、位相回転部 14 は入力信号の位相を $-\pi/8$ だけ回転させ、位相回転部 16 は入力信号の位相を $-\pi/4$ だけ回転させ、位相回転部 18 は入力信号の位相を $+\pi/8$ だけ回転させるものである。

[0018] これ等各位相回転部 12, 14, 16, 18 の具体例が、図 3、図 4、図 5、図 6 にそれぞれ示されている。振幅調整部（振幅スケーリング部）19 は、方形クリップや位相回転によって実際の値より小さくなってしまった信号の振幅値を、元の入力信号の振幅値（レベル）に戻すため（補償調整するため）のものであり、その具体例が図 7 に示されている。

[0019] ベースバンド信号の直交成分である I 信号及び Q 信号が、図示せぬベースバンド信号処理部より、本クリッピング回路部へ入力されると、I, Q 信号は 16 角形クリップ回路 1 へ供給されて 16 角形クリッピング処理され、セクタ 7 へ印加される。また、上記の I, Q 信号は絶対値化回路 2 へも入力されて絶対値化される。絶対値化された $|RI|$, $|RQ|$ は I/Q 加算器 3 へ入力されて $|RI| + |RQ|$ となり、この加算出力は比較器 4 へ入力される。比較器 4 では、入力信号のレベルとクリップレベル RL とが比較され、その大小が判定されてセクタ 7 の選択用信号に用いられる。

[0020] また、I, Q 信号はタイミング調整器 6 へも入力され、16 角形クリッピング処理に必要な時間に相当するタイミング調整が行われてセクタ 7 へ入力される。セクタ 7 では、入力信号がクリップレベル RL よりも大なる場合には、16 角形クリップ回路 1 を経た信号を出力し、逆の場合には、タイミング調整器 6 を経た信号を出力する。このセクタ 7 による選択は、全ての信号に対して 16 角形クリッピング処理を行うと、電力制限する必要のない信号に対してもクリッピング処理を行うことになるので、これを避けるために、クリッピング処理が必要な信号に対してのみ選択的にクリッピング処理を施すためのものである。なお、アンドゲート 8 により、クリッピング処理のマスク制御を外部指令により簡単に行うことができるようになっている。

[0021] 16角形クリップ回路1へ入力されたI、Q信号は、先ず方形クリップ回路11において方形クリップが行われる。このときクリップレベルRL0は、

$$RL0 = RL$$

であり、外部設定される。方形クリップ回路11にて方形クリップされた信号は、位相回転部12で $+\pi/4$ だけ位相回転される。この位相回転部12は図3に示す如く、加算器121、122及び符号反転器123よりなる周知の構成であり、I信号とQ信号とが加算器122で加算されてQ信号となり、I信号とQ信号の符号反転信号とが加算器121で加算されてI信号となる。なお、この $+\pi/4$ 位相回転により、信号振幅は $\sqrt{2}$ 倍に変化する。

[0022] この位相反転部12の出力は方形クリップ回路13へ入力されるが、このときのクリップレベルRL1は、

$$RL1 = RL0 \times \sqrt{2} = RL\sqrt{2}$$

であり、外部設定される。これは、位相回転部12で信号位相を $+\pi/4$ 回転させているために、振幅が $\sqrt{2}$ 倍に変化したために、クリップレベルもそれだけ大とする必要があるからである。なお、図8には $\pi/4$ 位相回転した場合に、 $\sqrt{2}$ だけレベル変化することを示しており、三平方の定理により求めることができる。

[0023] 次に、位相回転部14により信号位相が $-\pi/8$ 回転される。この位相回転部14は、図4に示す如く、加算器141、142、乗算器143、144、符号反転器145よりなる周知の構成である。I信号と係数(nビット)とが乗算器143で乗算され、その乗算出力の下位nビットが切捨てられて符号反転され、加算器142にてQ信号と加算され、Q信号となる。また、Q信号と係数とが乗算器144で乗算され、その乗算出力の下位nビットが切捨てられて、加算器14でI信号と加算され、I信号となる。この $-\pi/8$ 位相回転により、信号振幅は $\sqrt{2 \times (2 - \sqrt{2})}$ 倍に変化する。

[0024] この位相回転部14の出力は方形クリップ回路15へ入力されるが、このときのクリップレベルRL2は、位相回転部14の上記振幅変化を考慮して

$$\begin{aligned}
 RL2 &= RL1 \times \sqrt{2 \times (2 - \sqrt{2})} \\
 &= RL0 \times \sqrt{2} \times \sqrt{2 \times (2 - \sqrt{2})} \\
 &= RL \times 2 \times \sqrt{(2 - \sqrt{2})}
 \end{aligned}$$

となり、外部設定される。なお、図9には、 $\pi/8$ 位相回転した場合に、 $\sqrt{2} \times \sqrt{(2 - \sqrt{2})}$ 、すなわち $\sqrt{2 \times (2 - \sqrt{2})}$ だけレベル変化することを示している。

[0025] 次に、位相回転部16により信号位相が $-\pi/4$ 回転される。この位相回転部16は、図5に示す如く、加算器161、162及び符号反転器163からなる周知の構成である。I信号とQ信号とは加算器161で加算されてI信号となり、I信号の符号反転信号とQ信号とが加算器162で加算されてQ信号となる。この $-\pi/4$ 位相回転により、信号振幅は $\sqrt{2}$ 倍に変化することは、先の位相回転部12と同様である。

[0026] この位相回転部16の出力は方形クリップ回路17へ入力されるが、このときのクリップレベルRL3は、位相回転部16の振幅変化を考慮して、

$$\begin{aligned}
 RL3 &= RL2 \times \sqrt{2} \\
 &= RL \times 2 \sqrt{2} \times \sqrt{(2 - \sqrt{2})}
 \end{aligned}$$

となり、外部設定される。

[0027] この方形クリップ回路17の出力は位相回転部18へ入力されて $+\pi/8$ だけ位相回転される。この位相回転部18は、図6に示す如く、加算器181、182、乗算器183、184、符号反転器185によりなる周知の構成である。I信号は乗算器183により係数(nビット)を乗算され、その乗算出力の下位nビットが切捨てられて、加算器182でQ信号と加算されQ信号となる。また、Q信号は乗算器184により係数と乗算されその乗算出力の下位nビットが切捨てられて符号反転され、加算器181にてI信号と加算されI信号となる。

[0028] この $-\pi/4$ に位相回転により振幅は、 $\sqrt{2 \times (2 - \sqrt{2})}$ 倍に変化する。なお、この図6及び先の図4における係数nの値を制御することによ

り、位相回転量の制御が可能であるが、本例では、 $\pm\pi/8$ であるので、それに対応する固定の係数値が入力される。

[0029] 最後に、振幅調整部 19 において、方形クリッピングや位相回転により、実際の振幅値より小となった振幅値が元の入力信号レベルに戻される。図 7 はこの振幅調整部 19 の構成例であり、乗算器 191, 192 よりなっている。I 信号は係数 (n ビット) と乗算器 191 で乗算され I 信号となり、Q 信号は係数と乗算器 192 で乗算され Q 信号となる。このときの振幅調整は、 $(2 + \sqrt{2})/8$ 倍となる。

[0030] 以上が本発明による 16 角形クリッピング回路であり、図 9 は、I/Q 座標上における本クリッピング回路のクリップレベル RL とクリップ処理との関係を示す図である。最も内側に描かれている正方形 10 は、対角線がクリップレベル RL に等しく、その一辺が $|RI| + |RQ| = RL$ となっており、この正方形の内側部分がクリップ処理を通らない部分、すなわち図 1 におけるタイミング調整器 6 を経た信号レベルである。その外側の 16 角形 20 が、本発明による図 1 の 16 角形クリップ回路 1 のクリップレベルの境界を示し、その外側の 30 で示す領域が振幅制限を受ける部分であり、正方形 10 と 16 角形 20 との間の領域は、クリップ処理回路は通るが振幅制限されない部分である。

[0031] この様に、図 2 に示した一連の処理回路を通すことにより、16 角形クリッピングが可能となり、円形クリッピングとほぼ同等の特性、すなわち位相誤差を極力抑制して変調波の EVM の劣化を防止できることになる。なお、図 2 の方形クリップ回路の段数及び位相回転部の段数を増減させて、最終段の振幅調整部 (振幅スケーリング部) の調整値をそれに応じて変更することにより、多角形クリッピングを実現することができる。

[0032] 例えば、クリッピング後のベースバンド信号の位相誤差を極力小さくしたい場合には、方形クリップ回路の段数を、例えば倍にし、それに伴って位相回転角度及び振幅調整値を変更制御することにより、32 角形クリッピング回路が実現でき、より円形クリッピングに近づけることが可能となるのであ

る。

- [0033] また、図 1 においては、セクタ 7 を回路の出力に設けて、比較器 4 の出力に応じて、タイミング調整器 6 の出力か 16 角形クリップ回路 1 の出力かを選択しているが、セクタ 7 を入力段に設けて、比較器 4 の出力に応じて、タイミング調整器 6 へ入力するか 16 角形クリッピング回路 1 へ入力するかを選択するようにしても良いことは明らかである。

図面の簡単な説明

- [0034] [図1] 本発明の実施の形態を示すブロック図である。
- [図2] 図 1 の 16 角形クリップ回路 1 の機能ブロック図である。
- [図3] 図 2 の位相回転部 12 の回転図である。
- [図4] 図 2 の位相回転部 14 の回路図である。
- [図5] 図 2 の位相回転部 16 の回路図である。
- [図6] 図 2 の位相回転部 18 の回路図である。
- [図7] 図 2 の振幅調整部 19 の回路図である。
- [図8] 位相回転時におけるクリップレベル (RL) の変化を説明する図であり、(1) は $\pi/4$ 位相回転の場合、(2) は $\pi/8$ 位相回転の場合である。
- [図9] 本発明による 16 角形クリッピングの I Q 座標上でのクリップレベルを示す図である。
- [図10] (a) は方形クリッピングの場合の位相誤差の発生を示し、(b) は円形クリッピングの場合の例を示す図である。

符号の説明

- [0035]
- 1 16 角形クリップ回路
 - 2 絶対値化回路
 - 3 I/Q 加算器
 - 4 比較器
 - 6 タイミング調整器
 - 7 セクタ
 - 8 アンドゲート

11, 13, 15, 17 方形クリップ回路

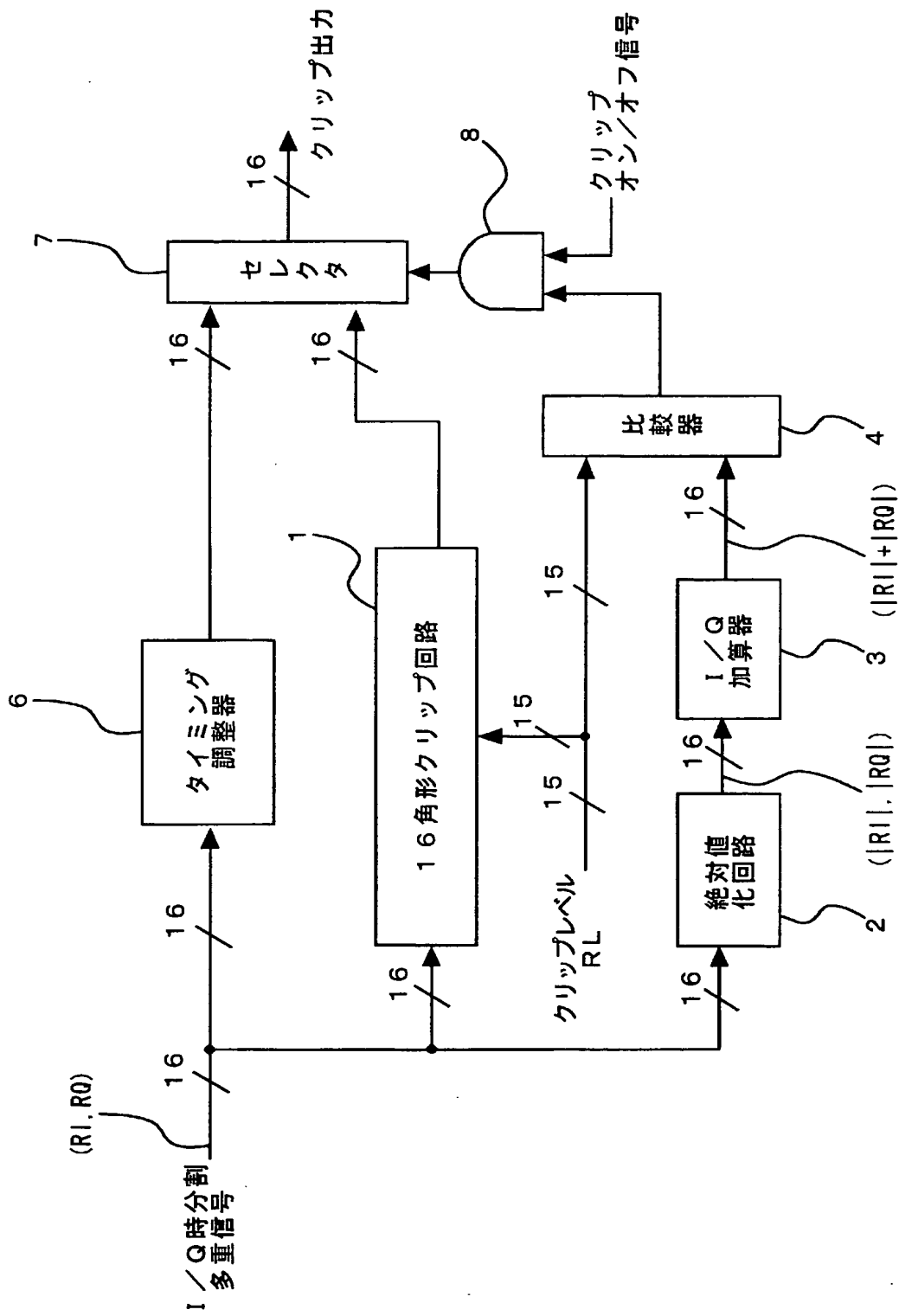
12, 14, 16, 18 位相回転部

19 振幅調整（スケーリング）部

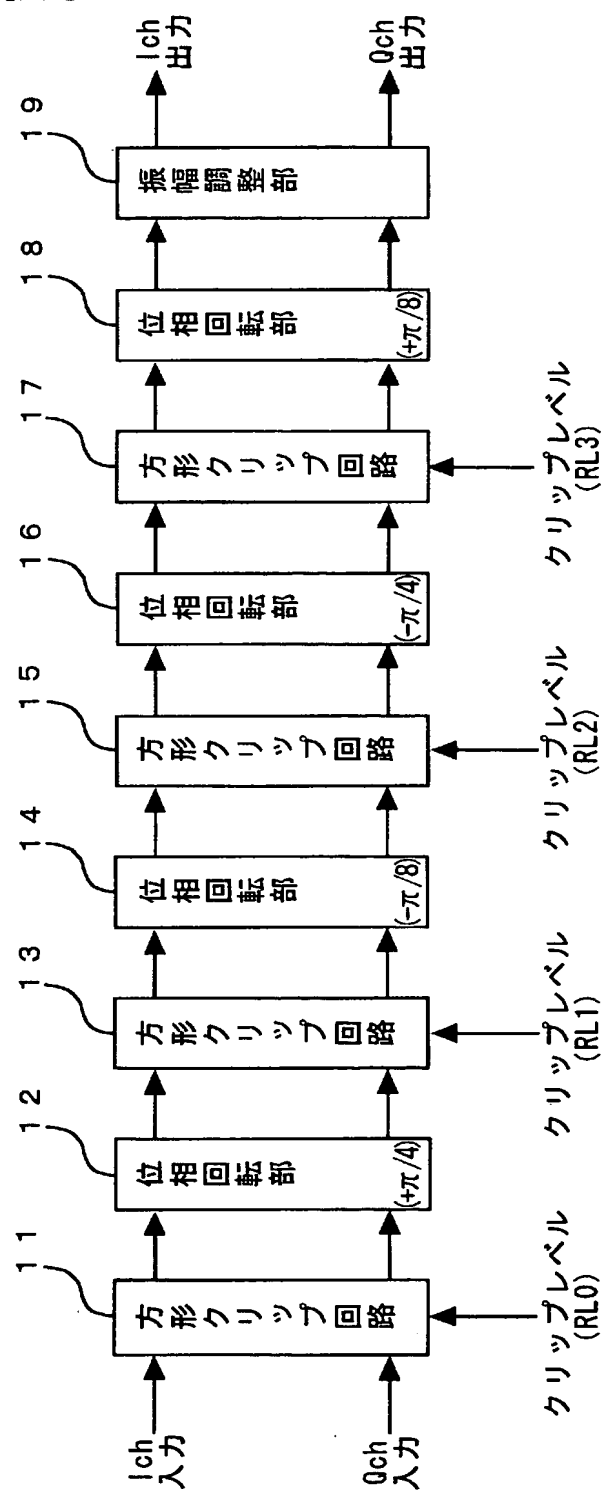
請求の範囲

- [1] 無線送信装置における電力増幅器へ供給される直交ベースバンド信号の振幅制限をなすクリッピング回路であって、方形クリップ手段と位相回転手段との直列構成を複数段従属接続して、多角形クリッピング手段を構成したことを特徴とするクリッピング回路。
- [2] 方形クリップ手段及び前記位相回転手段による信号振幅の変化を補償調整するための振幅調整手段を更に含むことを特徴とする請求項 1 記載のクリッピング回路。
- [3] 前記方形クリップ手段と前記位相回転手段との直列構成が n 段（ n は 2 以上の整数）従属接続されており、初段の方形クリップ手段のクリップレベルは予め定められた所定クリップレベルに設定されており、2 段目以降の方形クリップ手段のクリップレベルは、前段の位相回転手段の位相回転量に応じた振幅変化量に対応した補正量を、前記所定クリップレベルに対して乗算した値に設定されていることを特徴とする請求項 1 または 2 記載のクリッピング回路。
- [4] 前記直交ベースバンド信号の振幅値が予め定められた所定クリップレベルより大なる場合に、前記直交ベースバンド信号が前記多角形クリッピング手段による処理を受けるよう制御する制御手段を、更に含むことを特徴とする請求項 1 ～ 3 いずれか記載のクリッピング回路。
- [5] 前記制御手段は、前記直交ベースバンド信号の振幅値が前記所定クリップレベル以下の場合には、前記直交ベースバンド信号に対して、前記多角形クリッピング手段の処理時間に相当する時間だけ調整して出力するようにしたことを特徴とする請求項 4 記載のクリッピング回路。
- [6] 請求項 1 ～ 5 いずれか記載のクリッピング回路を含むことを特徴とする無線送信装置。

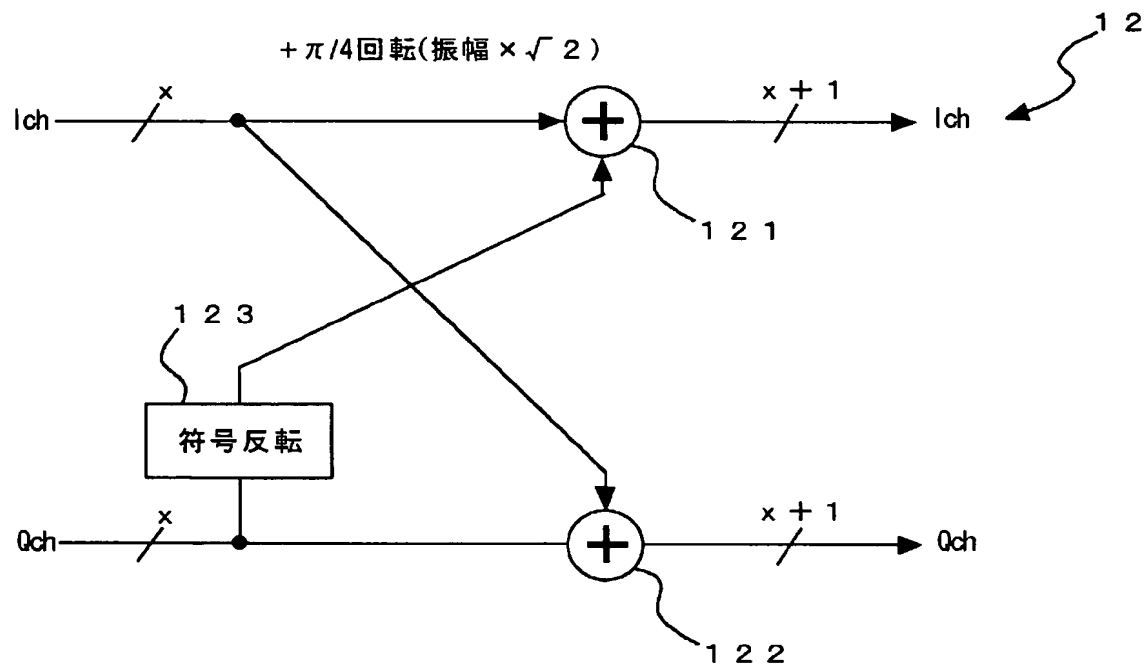
[図1]



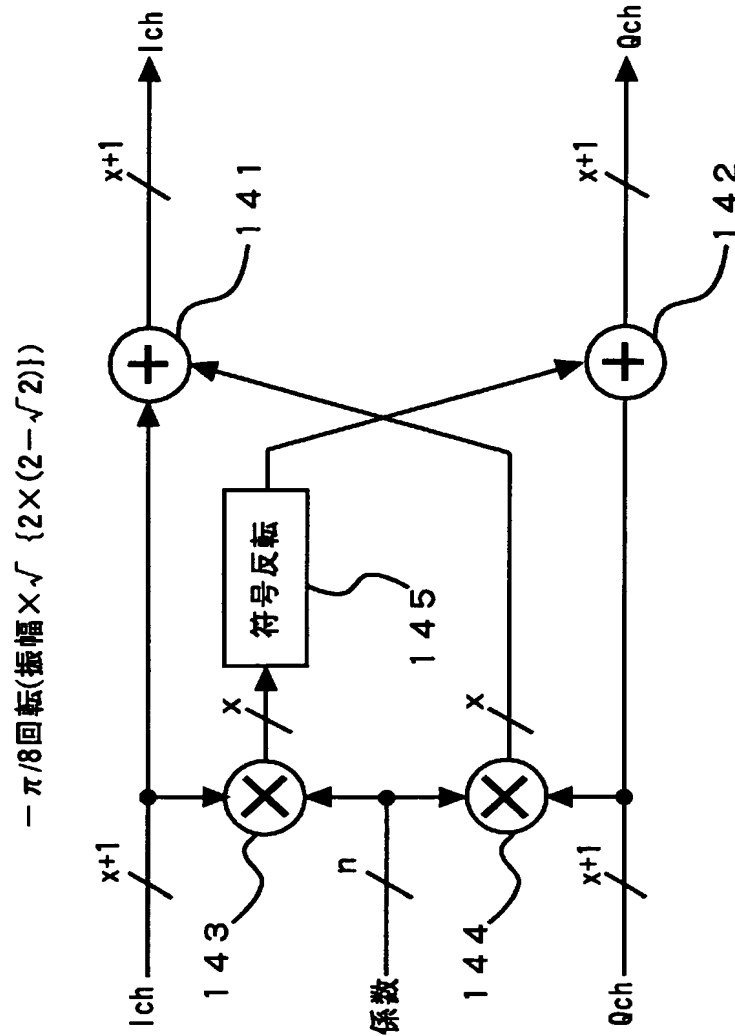
[図2]



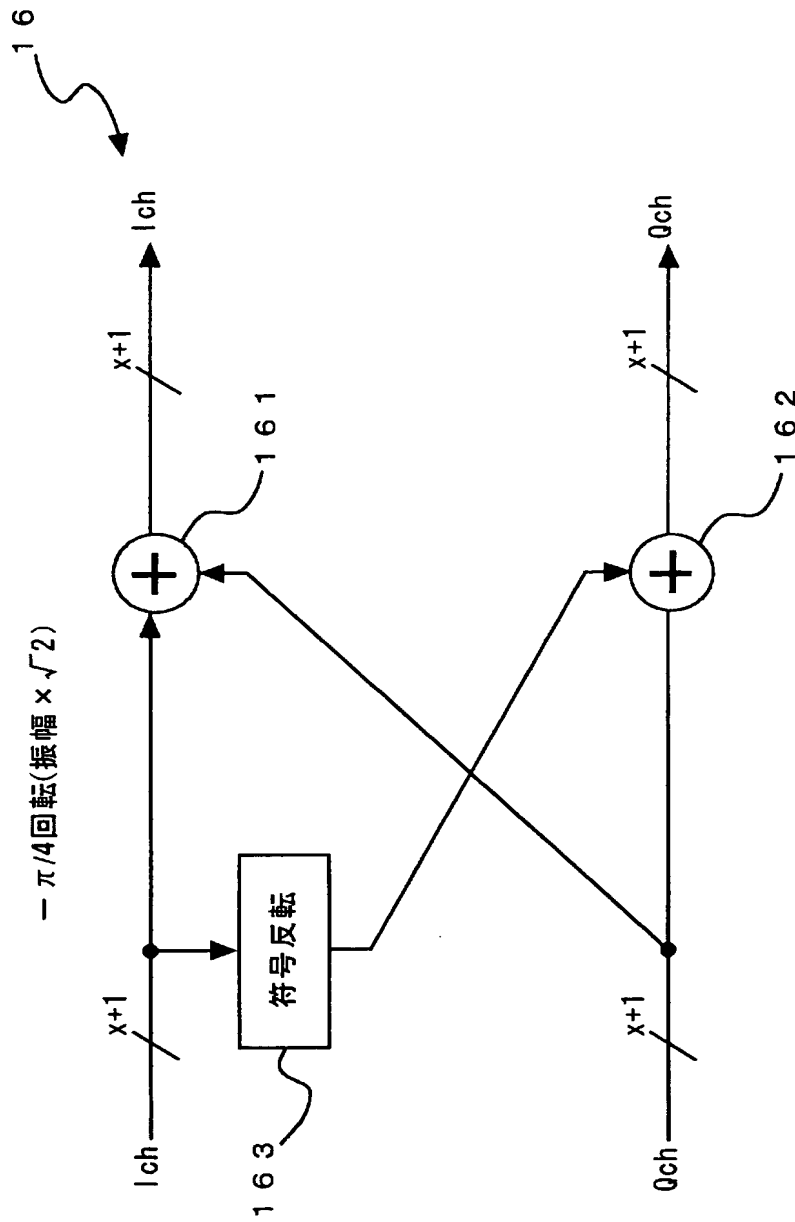
[図3]



[図4]

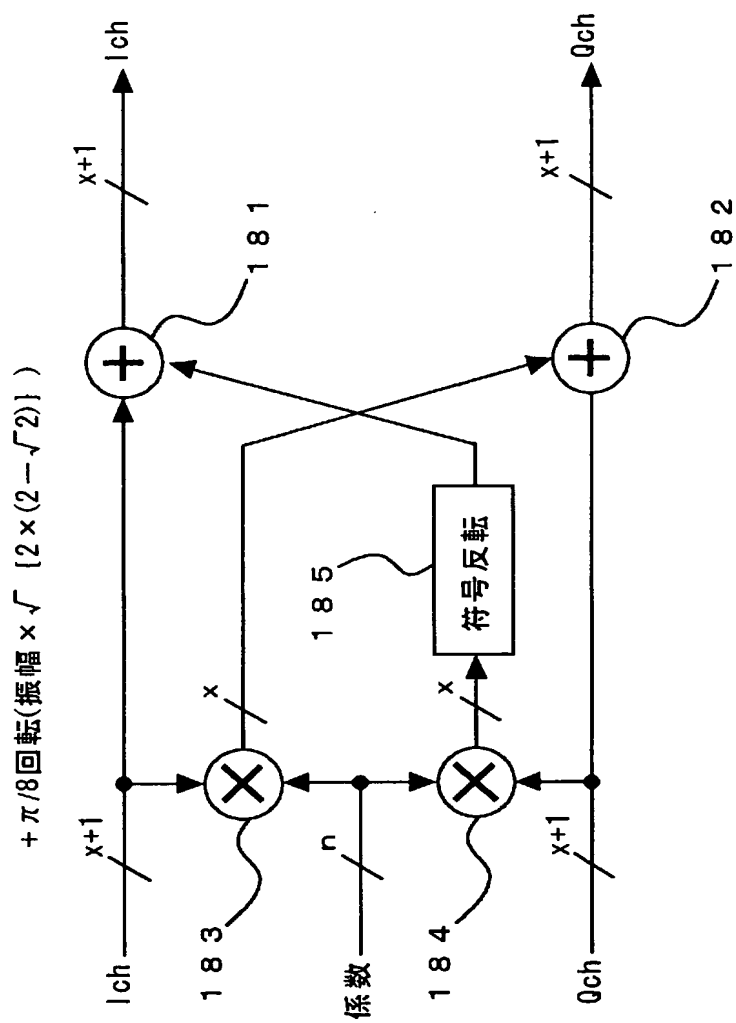


[図5]



[图6]

18

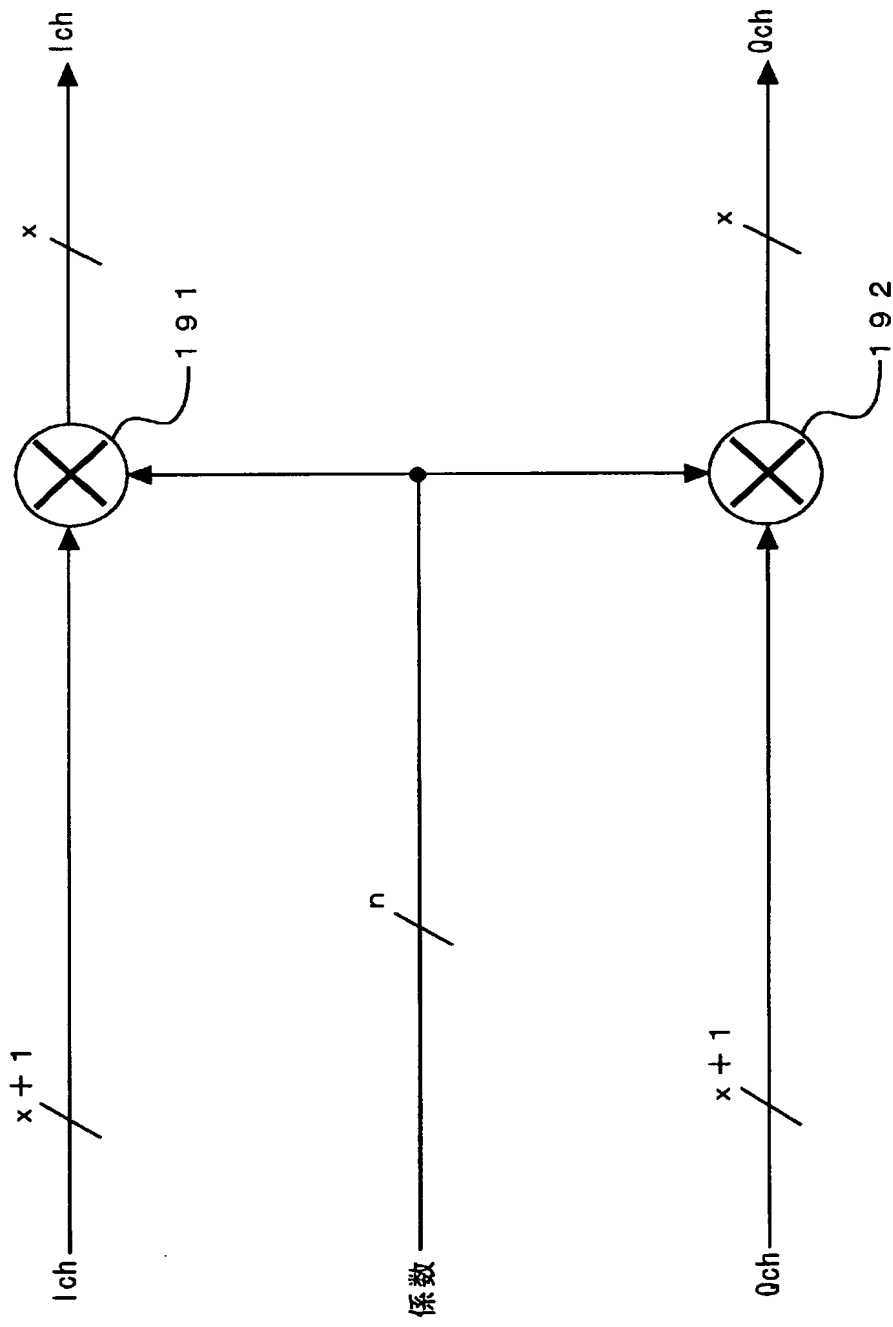


$+ \pi/8$ 回転(振幅 $\times \sqrt{2 \times (2 - \sqrt{2})}$)

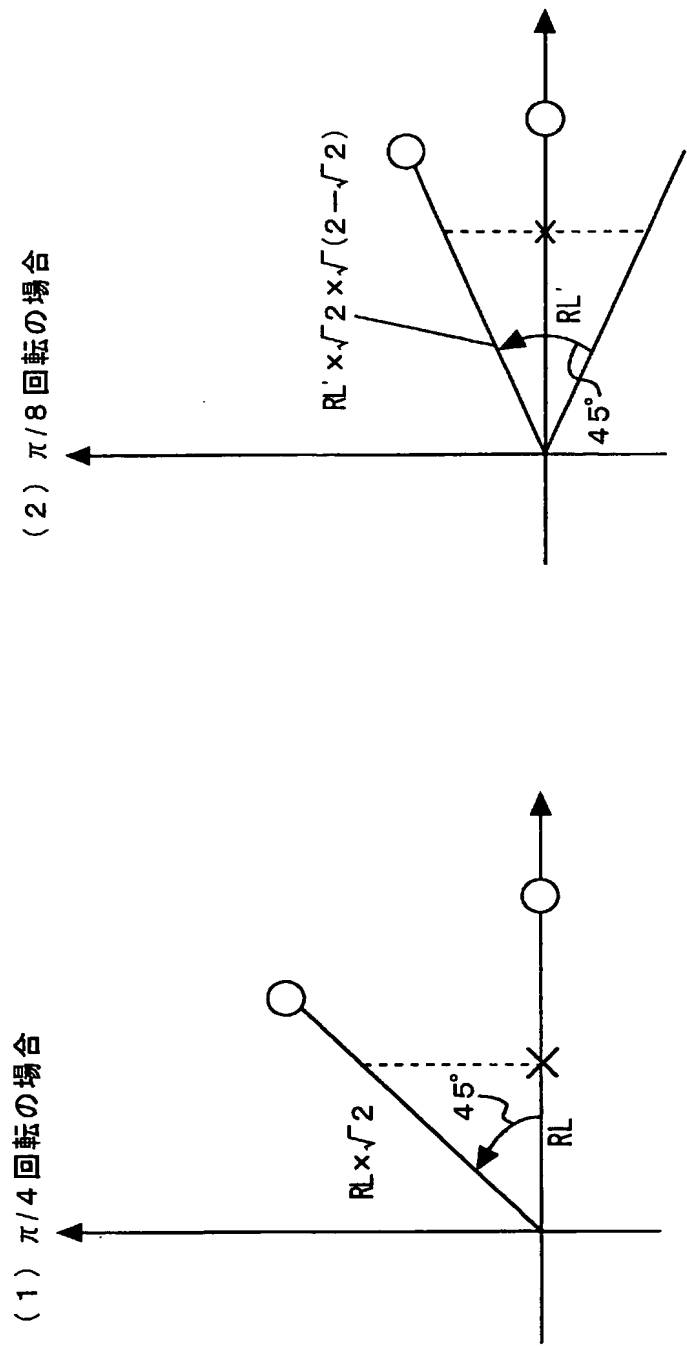
[図7]

19

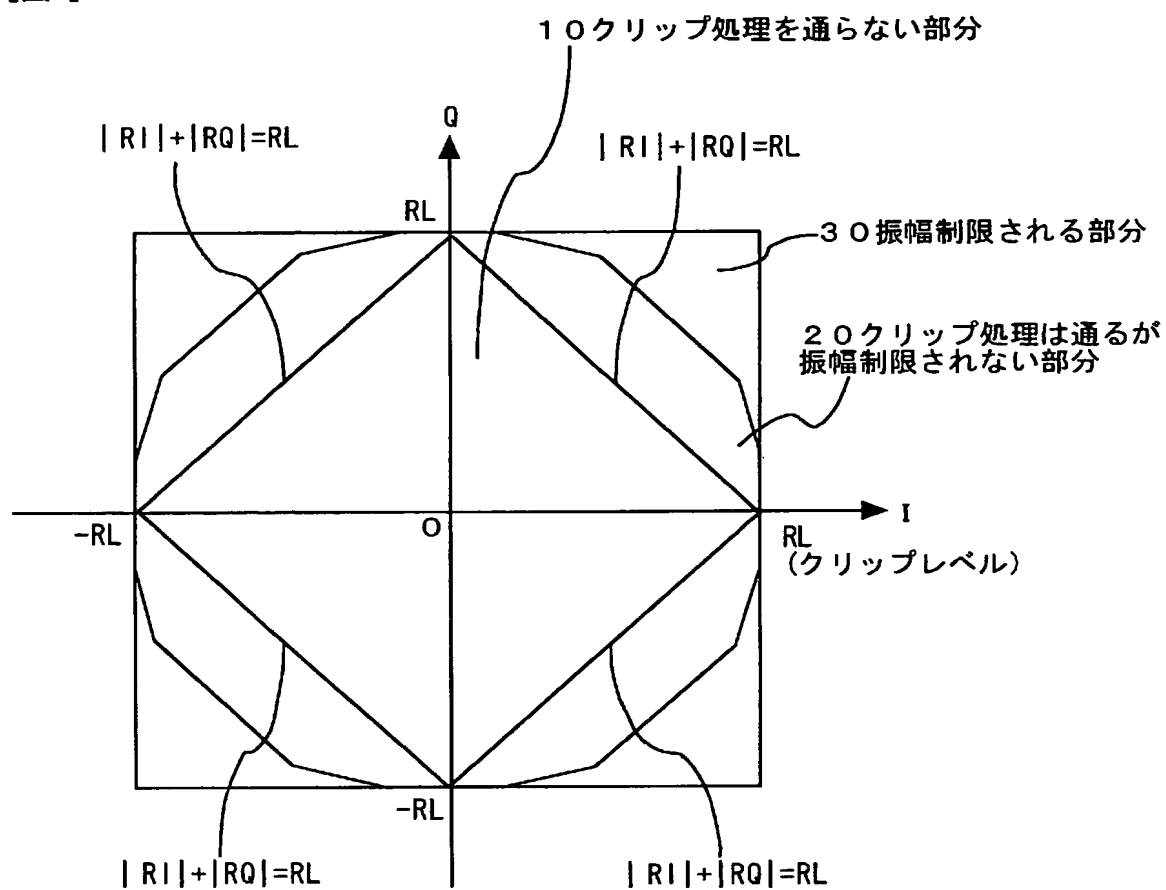
(振幅 $\times (2 \times \sqrt{2}) / 8$)



[図8]



[図9]



[図10]

